

**Beitrag zur limnologischen Untersuchung und Bewertung von Seen  
des Landes Brandenburg zur Erstbewertung nach EU-WRRL – Teil IV:**

**Möglichkeiten und Grenzen der Trophieindikation und Bewertung  
von Seen mit Makrophyten**

*Timm Kabus*

Institut für angewandte Gewässerökologie, Schlunkendorfer Str. 2e, D-14554 Seddin, kabus@gmx.de

**Keywords:** Wasserrahmenrichtlinie, Makrophyten, Seen, Bewertung, Trophie, Brandenburg

## **1 Einleitung**

Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) der Europäischen Union verpflichtet die Mitgliedsstaaten, ihre Gewässer in einen mindestens „guten ökologischen Zustand“ zu überführen bzw. diesen zu sichern. Brandenburg besitzt 232 Seen größer 50 ha, auf die die WRRL anzuwenden ist. Die Bewertung der Gewässer erfolgt nach EU-Vorgaben vorrangig über biologische Parameter (Makrophyten, Phytoplankton, Makrozoobenthos, Fische), limnochemische Messdaten dienen der Ergänzung. Die Bewertung der Gewässer soll über typbezogene Indikatorarten bzw. Artenindices erfolgen (SCHAUMBURG et al., 2004, STELZER, 2003). Da dieses Verfahren zum Untersuchungszeitpunkt (Sommer 2003) noch nicht fertiggestellt war bzw. eine individuelle Gewässerbewertung – wie mit jedem Einheitsverfahren – nicht möglich ist (vgl. 2.2), wurde versucht zu klären, inwieweit eine Gewässerbewertung über die Trophieindikation von Makrophyten sinnvoll ist, bzw. welche Faktoren so eine Bewertung erschweren. Für die Zukunft ist eine Anwendung der typbezogenen Indices auf das Datenmaterial vorgesehen, um die beiden generalisierenden Methoden zu vergleichen.

## **2 Methoden**

Da methodische Überlegungen einen Schwerpunkt in diesem Beitrag einnehmen sollen, werden diese nachfolgend etwas ausführlicher als üblich behandelt.

### **2.1 Datenaufnahme**

Im Rahmen eines Fördermittelprojektes des Landesumweltamtes wurde in einer Studie durch das Seenprojekt Brandenburg e. V. (Seddin) der ökologische Zustand von 51 Seen (MEISEL et al., 2004) untersucht. In diesem Rahmen konnten in 21 Seen bzw. Seebecken die Makrophyten untersucht werden (KABUS 2004a). Hierzu wurden je nach Größe und Morphologie des Sees in zwei bis sieben Transekten vom Boot aus alle Makrophyten erfasst. Die Untersuchungen erfolgten in enger Anlehnung an STELZER & SCHNEIDER (2002). Der Untersuchungszeitraum lag zwischen Anfang August und Anfang September 2003. Die Auswahl der Gewässer wurde durch das Landesumweltamt Brandenburg nach Bearbeitungsdringlichkeit getroffen.

## **2.2 Referenzzustand**

Der Ermittlung eines Referenzzustandes kommt in der Bewertung von Seen nach Wasserrahmenrichtlinie eine hohe Bedeutung zu, da der „ökologische Zustand“ über den Abstand des rezenten zum potentiell natürlichen Zustand, dem Referenzzustand, bewertet werden soll. Als Referenzzustand war die potentielle natürliche Trophie anhand von Morphometrie, Einzugsgebietsgröße, Substrattypen und potentiell Schichtungsverhalten relativ einfach und in den meisten Fällen relativ sicher bestimmbar (MEISEL et al., 2004). Für einige Gewässer konnten die trophischen Referenzzustände auf die Untersuchung subfossiler Diatomeen im Sediment gestützt werden (Daten Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam). Daraus ließ sich eine Trophie in einer 7-stufigen Skala analog zu LAWA (1999) ableiten (o, m, e1, e2, p1, p2, h).

Aus dem trophischen Referenzzustand auf den Referenzzustand für die Makrophytenbesiedlung zurückzuschließen ist schwieriger. Da hier viele Faktoren ineinandergreifen, ist eine sichere Festlegung des Referenzzustandes nur über historische Quellen möglich, die selten vorliegen (Literatur, Aufzeichnungen) bzw. erst ermittelt werden müssen (z. B. Untersuchung von Makroresten).

Analog zum Bewertungsverfahren nach STELZER (2003) wurde daher mit dem trophiebasierten Bewertungssystem auf ein generalisierendes System, zurückgegriffen. Möglichkeiten, verschiedenen trophischen Seentypen Leitarten zuzuweisen wurden für Brandenburg durch KABUS et al. (2002, 2004), KABUS (2004b) und MÜLLER et al. (2004) aufgezeigt.

## **2.3 Rezente Trophie aufgrund der Makrophyten-Vorkommen**

Als Maß für den aktuellen Gewässerzustand wurde eine Trophie aufgrund der Indikation der Makrophyten bestimmt. Hierzu wurden zwei Verfahren genutzt: erstens die untere Makrophytengrenze (UMG) und zweitens Indikatorarten.

Die untere Makrophytengrenze bildet ein im Jahresverlauf relativ konstantes Maß für den Gewässerzustand, da sie mit der Sichttiefe und damit indirekt mit einer trophisch bedingten Gewässertrübung durch Phytoplankter korreliert ist. Die Eichung der unteren Verbreitungsgrenze von Makrophyten haben unterschiedliche Autoren für Brandenburg bzw. Nordostdeutschland mit ähnlichen Ergebnissen vorgenommen (BLÜMEL & SUCCOW, 1998; MAUERSBERGER & MAUERSBERGER, 1996; SUCCOW & KOPP, 1985), wobei wir uns in Zweifelsfällen auf die Angaben von MAUERSBERGER & MAUERSBERGER (1996) gestützt haben, da diese für eine Region in Brandenburg (Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin) entstanden und durch nachvollziehbare Daten dokumentiert sind.

Ein weiteres Maß für den trophischen Zustand eines Gewässers war die Indikatorfunktion von Arten bzw. Pflanzengesellschaften, wie sie aus der Literatur (vgl. 2.2) bekannt ist.

Die Trophieindikation anhand der Makrophyten wurde in einer 6-stufigen Skala vorgenommen (o, m, e1, e2, p, h). Im Gegensatz zur Klassifikation nach LAWA (1999) wird damit der makrophytenarme polytrophe Bereich nicht in zwei Stufen unterteilt.

## **2.4 Aktueller limnochemischer trophischer Zustand**

Für die Gewässer wurden ebenfalls Wasseranalysen im Sinne LAWA (1999) durchgeführt, zusätzlich wurden weitere Parameter analysiert (vgl. MEISEL et al., 2004), die in die Auswertung einbezogen wurden. Im Folgenden zitierte Altdaten entstammen der Datenbank des Projektes „Seenkataster Brandenburg e. V.“ im Institut für angewandte Gewässerökologie (Seddin).

## **2.5 Bewertung**

Für die Bewertung des ökologischen Zustandes in die durch die Wasserrahmenrichtlinie vorgegebenen Klassen wurde nach einem Vorschlag des Landesumweltamtes Brandenburg der Abstand

zwischen aktuellem Zustand nach Makrophytenbesiedlung und dem Referenzzustand skaliert und als „Qualitätsstufe“ bezeichnet, sowie einem ökologischen Zustand nach WRRL zugeordnet, z. B. keine Abweichung vom Referenzzustand = Qualitätsstufe 0 = „sehr guter“ ökologischer Zustand nach WRRL (Tabelle bei KABUS, 2004a). Zusätzlich neben einer rein rechnerischen Bestimmung des ökologischen Zustandes wurde das Auftreten von Indikatorarten und wertgebenden Sippen berücksichtigt, um Grenzfälle gerechter zu behandeln – nach Wasserrahmenrichtlinie muss der „gute“ oder der „sehr gute“ Zustand erreicht werden.

### 3 Ergebnisse

In der Trophieindikation durch Makrophyten konnte ein Gewässer nicht bewertet werden. Unter den übrigen 20 Gewässern stimmen bei 15 Gewässern die Trophieindikation über Makrophyten mit den limnochemischen Untersuchungen überein, bei fünf Gewässern zeigen sich Unterschiede (grau hinterlegte Felder).

**Tab. 1: Untersuchungsergebnisse an 21 Seen bzw. Seebecken (es bedeuten: TR = Transektanzahl; sub/nat = Artenzahlen submerse/natante Makrophyten, UMG = Untere Makrophytengrenze); ökolog. Zustand = ökologischer Zustand im Sinne WRRL, auf Basis der Makrophyten; grau hinterlegt: Abweichung zwischen Trophieindikation Makrophyten und Wasseranalysen**

Nr.	Seename	TR	sub/nat	UMG	Trophie Makrophyten	Trophie LAWA	Referenz-zustand	ökolog. Zustand
1	Beutelsee, Großer	6	3/5	3.0	e1	p1	m	mäßig
2	Briesener See ne Briesensee	3	1/1	n. n.	n.n.	e1	m	n.n.
3	Byhleguhrer See	4	4/3	n. n.	p1-2	e2	e1-e2	mäß.-unbef.
4	Groß Leuthener See	3	1/2	1.0	p1-2	p1-2	e1-e2	mäßig
5	Großer See b. Fürstenwerder	5	6/1	2.1	e2	e2	m	mäßig
6	Haussee bei Hardenbeck	7	6/2	3.3	e1	m	o-m	gut-mäßig
7	Krinertsee, Gr., sw Alt Temmen	6	10/1	2.9 (5.6 ?)	m	m	m	gut
8	Lugkteich n Brenitz	3	3/1	n. n.	p2/h	p2/h	e1-e2	schlecht
9	Mochowsee, Gr.	7	2/6	2.2	e2	p1	m	mäßig
10	Neuendorfer Teich s Peitz	5	0/2	n. n.	p2/h	p2/h	e1-e2	schlecht
11	Oderberger See	3	5/6	1.6	p1-2	p2	e1-e2	mäßig
12	Polsensee b. Vietmannsdorf	5	4/3	1.5	p1-2	p1	m	mäßig
13	Schwansee, oberer, s Ullersdorf	2	9/2	(min.) 3.8	e1	e1	m	gut
14	Schwansee, mittlerer, sw Leeskow	3	1/2	min. 1.20	p1-2	p1	e1	unbefriedig.
15	Schwansee, unterer, nw Staakow	4	3/1	2.3	e2	e2	m	mäßig
16	Stoßdorfer See	5	10/2	2.0	e1	m	m	gut
17	Tornowsee b. Zühlen	3	11/4	3.4	e1	e1-2	m	gut-mäßig
18	Zenssee b. Hohenlychen	4	6/2	4.0	e1	e1	m	gut-mäßig
19	Selchower See, Gr.	3	2/1	min. 0.4	p1-2	p2	e1-e2	schlecht
20	Wochowsee, Gr.	3			p1-2	p2		
21	Groß Schauener See	3			p1-2	p2		

### 4 Diskussion

Die weitestgehende Übereinstimmung der Trophieindikation über Makrophyten, sowie der limnochemischen Messwerte war zu erwarten, da die Eichung der UMG und der Indikatorarten anhand

limnochemischer Daten vorgenommen wurde (vgl. 2.3 und zit. Lit.). Einer Klärung bedarf jedoch, wieso an fünf Gewässern abweichende Ergebnisse erzielt wurden, bzw. wieso ein Gewässer gar nicht über Makrophyten bewertet werden konnte.

#### **4.1 Bewertbarkeit von Weichwasserseen**

Grenzen der Bewertung ergaben sich beim Briesener See. In diesem Gewässer wuchsen keine submersen Makrophyten außerhalb der Röhrichte, so dass keine Trophieindikation über die Makrophyten vorgenommen wurde. Der See ist getrübt, u.a. durch huminstoffhaltige Einleitungen aus Mooren (DOC-Konzentration 2003: 21 mg/l).

Nach der Klassifikation von KABUS et al. (2004) handelt es sich um einen Weichwassersee an der oberen Grenze der „sehr weichen“ Seen (SBV 0,74 mmol/l). Offenbar werden einige Weichwasserseen in Brandenburg, auch bei deutlich höherer Transparenz (z. B. Großer Milasee, Großsee Schönhöhe, vgl. auch KABUS et al. 2004), nicht oder nur in geringem Maße von submersen Makrophyten besiedelt. An diesem Beispiel zeigt sich, dass für die Gewässertypen nach Wasserrahmenrichtlinie (MATHES et al., 2002) aus vegetationskundlicher Sicht eine Kategorie für Weichwasserseen notwendig ist bzw. andere Klassifikationskriterien genutzt werden sollten (Weichwasserseen nach MATHES et al. 2002 besitzen  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentrationen  $> 15$  mg/l; demnach wäre der Briesener See [ $\text{Ca}^{2+}$ : 48 mg/l] kein Weichwassersee).

#### **4.2 Makrophytengrenze nach Eutrophierung**

Unter den übrigen Seen erwiesen sich der Große Beutelsee und der Große Mochowsee nach Trophieindikation Makrophyten als nährstoffärmer als nach der Klassifikation über Wasseranalysen. Bei ersterem ist besonders deutlich, dass sich die Nährstoffverhältnisse in den vergangenen Jahren deutlich verändert haben. Durch höhere Wasserstände – bedingt durch Biberbauten im Einzugsgebiet – und dadurch bedingte Nährstoffmobilisation hat sich der See von einem hoch bis schwach eutrophen Gewässer (1993 bis 1998) in ein polytrophenes gewandelt. Die tief gelegene Makrophytengrenze (bis 3,7 m) spiegelt offenbar noch die früheren Verhältnisse wider. Das Gewässer ist jedoch relativ artenarm und nur mit Arten besiedelt, die eine weite ökologische Amplitude aufweisen (*Ceratophyllum demersum*, *C. submersum*, *Myriophyllum spicatum*). Einige Arten schwach eutropher Klarwasserseen sind gegenüber früheren Untersuchungen (Daten Naturparkverw. Uckermärk. Seen aus 1993) nicht mehr nachweisbar. Bei einem Anhalten der extremen Nährstoffsituation ist von einem Rückgang der unteren Besiedlungsgrenze auszugehen.

#### **4.3 Makrophytengrenze nach Oligotrophierung**

Zwei Gewässer mit Abweichungen in der Trophieklassifikation (Byhleguhrer See, Hardenbecker Haussee) sind über die Indikation mit Makrophyten als nährstoffreicher anzusprechen, als über die limnochemischen Analysen. Eine Reoligotrophierung ist über den LAWA-Trophieindex nachweisbar, jedoch die Nährstoffreduzierung in der Makrophytenvegetation noch nicht voll erkennbar. So fehlen im Hardenbecker Haussee trotz Reoligotrophierung auch heute noch größere Vorkommen von Armleuchteralgen (Characeae), die vor der Eutrophierung vorhanden waren. Auch die untere Makrophytengrenze von 3,3 m spiegelt noch keine mesotrophen Verhältnisse wider.

Ebenso ist im Byhleguhrer See eine Reoligotrophierung über die LAWA-Trophie erkennbar (1993 und 2000: p2, 2003: e2), womit sich die Einstellung der intensiven fischereilichen Bewirtschaftung Anfang der 1990er Jahre langsam auch in der Gewässertrophie zeigt. Heute ist im Ostteil eine Wiederbesiedlung durch *Potamogeton crispus* eingetreten, eine UMG ist aufgrund des weiherartigen Charakters des Gewässers (1,20 m Maximaltiefe) nicht eindeutig festzulegen. Die Makrophytenfreiheit des Westteils spricht ebenso wie das Artinventar für polytrope Verhältnisse. Ob in

einem längeren Zeitrahmen eine Wiederbesiedlung mit Makrophyten eintritt, also der Referenzzustand erreicht werden kann, ist bei diesem Gewässer kaum vorhersagbar, da die extrem mächtigen Weichsedimente im Gewässer besiedlungsfeindlich wirken.

#### **4.4 Nicht-trophierelevante Trübungen als Einfluss auf die Makrophytenbesiedlung**

Der Stoßdorfer See, ein Bergbaufolgegewässer, wurde als mesotroph klassifiziert, die Makrophytenbesiedlung zeigt jedoch schwach eutrophe Verhältnisse. Neben der möglicherweise nicht abgeschlossenen Wiederbesiedlung des Gewässers nach der Sanierung (1996) ist der See trotz geringer Chlorophyll-a-Konzentrationen und Phytoplankton-Biovolumina getrübt (sommerliche Sichttiefe: 1,5 m). Es kann vermutet werden dass die Einspülung lehmig-toniger Substrate aus dem wenig bewachsenen Einzugsgebiet für die Trübung verantwortlich ist. Da diese Partikel in der Lage sind, Phosphor zu binden und im Sediment festzulegen, wären auch die geringen Nährstoffkonzentrationen erklärbar.

## **5 Zusammenfassung**

In Brandenburg wurden 21 Seen (Fläche > 50 ha) untersucht und vor dem Hintergrund der Wasserrahmenrichtlinie über die Makrophyten bewertet. In 15 Fällen stimmt die Bewertung über die Indikation mittels Makrophyten mit der limnochemischen Trophieklassifikation überein, in fünf Fällen weicht sie ab. Dafür sind v.a. Änderungen der Trophie verantwortlich, die sich in der Makrophytenbesiedlung noch nicht widerspiegeln. Ein weiterer See konnte nicht bewertet werden, da in Brandenburg ein Leitbild für die Besiedlung der Weichwasserseen fehlt. Das Beispiel zeigt, dass auch in einer abiotischen Seentypisierung im nordostdeutschen Flachland Weichwasserseen durch einen eigenen Gewässertyp beschrieben werden sollten.

## **Literatur**

- Blümel, C., Succow, M. (1998): Seen. In: Wegener, U. (ed.): Naturschutz in der Kulturlandschaft – Schutz und Pflege von Lebensräumen. Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm: 169-185.
- Kabus, T. (2004a): Makrophyten. In: Meisel, J., Täuscher, L., Kabus, T., Henker, H., Vedder, F. (2004): Ökologische und limnologische Untersuchungen zur wissenschaftlichen Vorbereitung der Umsetzung der EU-WRRL an Seen des Landes Brandenburg im Jahr 2003. Unveröff. Projektbericht des Seenprojektes Brandenburg e.V., S. 17-18, 31-33, 346-354 + Anhang.
- Kabus, T. (2004b): Bewertung mesotroph-alkalischer Seen in Brandenburg vor dem Hintergrund der FFH-Richtlinie anhand von Characeen. Rostocker Meeresbiologische Beiträge 13: im Druck.
- Kabus, T., Hendrich, L., Müller, R., Petzold, F. (2002): Untersuchungen zur Umsetzung der FFH-Richtlinie an Seen im Land Brandenburg. Unveröff. Projektbericht des Seenprojektes Brandenburg, Seddin. 363 S.
- Kabus, T., Hendrich, L., Müller, R., Petzold, F., Meisel, J. (2004a): Nährstoffarme, basenarme Seen (FFH-Lebensraumtyp 3130, Subtyp 3131) in Brandenburg und ihre Besiedlung durch Makrophyten, ausgewählte Gruppen des Makrozoobenthos und Libellen. Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, 13 (1): 4-15.
- LAWA = Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1999): „Gewässerbewertung – stehende Gewässer“. Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien 1998. Berlin, 76 S.
- Mathes, J., Plambeck, G., Schauburg, J. (2002): Das Typisierungssystem für stehende Gewässer in Deutschland mit Wasserflächen ab 0,5 km<sup>2</sup> zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. In: Deneke, R., Nixdorf, B. (ed.): Implementierung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland: Ausgewählte Bewertungsmethoden und Defizite. = Aktuelle Reihe BTU Cottbus, 5/2002, S. 25-37. Cottbus.
- Mauersberger H., Mauersberger, R. (1996): Die Seen des Biosphärenreservates „Schorfheide-Chorin“ – eine ökologische Studie. – Diss. Univ. Greifswald. 2 Bde., 421 S. + 316 S. Anhang.
- Meisel, J., Täuscher, L., Kabus, T., Henker, H., Vedder, F. (2004): Ökologische und limnologische Untersuchungen zur wissenschaftlichen Vorbereitung der Umsetzung der EU-WRRL an Seen des

- Landes Brandenburg im Jahr 2003. Unveröff. Projektbericht des Seenprojektes Brandenburg e.V., 375 S. + Anhang.
- Müller, R., Kabus, T., Hendrich, L., Petzold, F., Meisel, J. (2004): Nährstoffarme kalkhaltige Seen (FFH-Lebensraumtyp 3140) in Brandenburg und ihre Besiedlung durch Makrophyten und ausgewählte Gruppen des Makrozoobenthos – Naturschutz und Landschaftspflege, 13 (4): 132-143.
- Schaumburg, J., Schmedtje, U., Schranz, C., Köpf, B., Schneider, S., Stelzer, D., Hofmann, G. (2004): Handlungsanweisung für die ökologische Bewertung von Seen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie: Makrophyten und Phytobenthos. Stand Mai 2004. Bayer. Landesamt f. Umwelt, Internet-Version: [http://www.bayern.de/lfw/technik/gkd/lmn/fliessgewaesser\\_seen/pilot/d\\_seen.pdf](http://www.bayern.de/lfw/technik/gkd/lmn/fliessgewaesser_seen/pilot/d_seen.pdf).
- Succow, M., Kopp, D. (1985): Seen als Naturraumtypen. Petermanns Geographische Mitteilungen, 3: 161-170.
- Stelzer, D. (2003): Makrophyten als Bioindikatoren zur leitbildbezogenen Seenbewertung – Ein Beitrag zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland. Diss. Techn. Univ. München. 99 S. + Anhang.
- Stelzer, D., Schneider, S. (2002): Kartierung der Makrophyten in Seen. In: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft: Vorläufige Kartieranleitung für Makrophyten und Phytobenthos. Okt. 2002. München 2002, 14-19.